

CAO98-004. INFLUENCIA DE LA FERTIRRIGACIÓN SOBRE EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN SUELO, DESARROLLO DE LAS PLANTAS DE OLIVO Y RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LA COSECHA

ata, citation and similar papers at core.ac.uk

brought to you

provided

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (I.R.N.A.S) CSIC.
Apartado 1052;41080 Sevilla.

ANTECEDENTES

Este trabajo corresponde al proyecto CAO98-004 dentro del Programa de la Calidad de la Producción del Aceite de Oliva en España (fondos FEGA-FEOGA) coordinado por INIA.

En el mismo han participado:

COORDINADOR: Troncoso de Arce, Antonio (IRNAS-CSIC)

INVESTIGADORES: Cabrera Capitán, Francisco (IRNAS-CSIC)

Fernández Luque, J. Enrique (IRNAS-CSIC)

García-Ortiz Rodríguez, Angel (EST. OLIV. J. ANDAL.)

López Núñez, Rafael (IRNAS-CSIC)

López Rivares, E. Pascual (E.U.I.T.A.,-UNIV. SEV)

Morales Sillero, Ana (E.U.I.T.A.,-UNIV. SEV)

Moreno Lucas, Félix (IRNAS-CSIC)

Murillo Carpio, J. Manuel (IRNAS-CSIC)

Ordovás Ascaso, José (E.U.I.T.A.,-UNIV. SEV)

Suárez García, M. Paz (E.U.I.T.A.,-UNIV. SEV)

TÉCNICOS: Girón Moreno, Ignacio (IRNAS-CSIC)

Liñán Benjumea, Juana (IRNAS-CSIC)

Cantos Barragán, Manuel (IRNAS-CSIC)

BECARIOS: García Liñán, María

Troncoso Mendoza, Javier

RESUMEN

Se estudia la influencia sobre el desarrollo, producción y calidad de la cosecha de las plantas de olivo variedad “Manzanillo de Sevilla” de cuatro tratamientos de fertirrigación, respectivamente con el equivalente a 0, 100, 200 y 400 g de N por árbol y año de un abono triple NPK (4:1:3), más una aportación adicional de 216 g de N por árbol y año debido a la contaminación del agua de riego. En estas condiciones las dosis de N recibidas por cada tratamiento fue respectivamente de 216, 316, 416 y 616 g de N por árbol y año.

No se encontraron diferencias significativas entre los parámetros considerados (desarrollo de las plantas, producción, calidad del aceite, etc.). Es decir, al menos durante el tiempo de duración de la prueba, la planta pudo crecer y producir bien con la concentración más baja de nutrientes, lo que significa un menor gasto económico y más bajo nivel de contaminación.

Palabras clave: Olivo, suelo, fertilidad, nutrición, producción.

SUMMARY

INFLUENCE OF THE FERTIGATION ON THE SOIL NUTRIENT CONTENT PLANT DEVELOPMENT AND CROP (QUALITY AND QUANTITY) OF OLIVE PLANTS

The influence on the soil fertility, plant development and crop (quantity and quality) of olive plants (cv “Manzanillo de Sevilla”) of four fertigation treatments with a N-P-K (4:1:3) fertilizer, respectively equivalent to 0, 100, 200 and 400 g of N per tree and year, plus a N-additional application of 216 g per tree and year, due to irrigation water contamination was studied. Then the total N of each treatment was respectively 216, 316, 416 and 616 g per tree and year.

There were no significant differences between the parameters considered (plant development, production, oil quality, etc.). Then, at least during the years of experimentation the olive plant grew and produced well with the lowest nutrient concentration, resulting in a lower cost and soil contamination.

Keywords: Olive tree, soil, fertility, nutrition, production.

INTRODUCCIÓN

La nutrición vegetal es el proceso mediante el cual la planta absorbe del medio elementos simples y agua y los transforma en compuestos asimilables.

Cuando el consumo de elementos nutritivos es más elevado que la capacidad del suelo para producirlos, se origina un déficit en la dotación del terreno. Para corregirlo, al menos eventualmente, es necesario añadir nuevos nutrientes desde el exterior. A este proceso se le llama fertilización o abonado.

El agua es el medio en el que se encuentran disueltos los iones del suelo, y a su vez el vehículo que los pone en contacto con la raíz, debido a su propio movimiento (flujo) o al de los iones en su interior (difusión). Cuando las pérdidas de agua (evapotranspiración, drenaje, etc.) son superiores a los aportes naturales (precipitaciones) disminuye la dotación del terreno hasta llegar a un grado de humedad que la planta es incapaz de extraer. Como en el caso anterior de la disponibilidad de nutrientes, el déficit hídrico se corrige por aportes externos (riegos).

En consecuencia, para que exista una absorción adecuada por la planta es necesario:

- Disponibilidad suficiente de nutrientes y de agua
- Contacto entre la solución de nutrientes y el sistema radicular.

Estos dos factores se favorecen muy claramente por aportes al suelo de soluciones nutritivas (fertirrigación) en puntos próximos al sistema radical (riego localizado).

La aplicación de fertilizantes disueltos en el agua de riego (fertirrigación) es un método muy económico para suministrar nutrientes a las plantas (Hamdy, 1995) y al mismo tiempo uno de los que producen una mayor eficacia del agua y de los fertilizantes (Granelli et al. 1994, y Neumann and Snir, 1995). Influye positivamente sobre la velocidad de crecimiento en el periodo juvenil de la planta (Hipps, 1992, Neilsen et al., 1993, y Dencker and Hansen, 1994) con lo que acelera la entrada en producción (Marsh and Stowell, 1993 y Castel et al., 1994). Estas posibilidades han hecho que la fertirrigación tenga un desarrollo muy importante en los últimos años, en especial en países de clima árido (Kafkafi, 1994; Darwin, 1995; Hamdy, 1995; Sneh, 1995; y Núñez-Escobar, 1995).

La fertirrigación también presenta diversos inconvenientes, la mayoría de los cuales se deben a su incorrecto manejo, pero también al desconocimiento existente aún respecto a aspectos de la nutrición de las plantas (Pizarro, 1996). En concreto, un mal manejo de esta técnica puede provocar daños en el terreno tales como la acidificación (Neilsen et al., 1993; Chung et al., 1994; Peryea et al., 1999), pérdidas de nutrientes por lavados a zonas más profundas del perfil del suelo donde no pueden ser tomados por la planta y por el contrario contaminar las aguas freáticas (Parchomchuk et al., 1993; Neilsen et al., 1999), e incrementar la salinización en la zona del bulbo de riego (Atallah, 1995).

En el caso del olivo, la información disponible sobre la influencia del riego localizado es abundante (Martín-Aranda et al., 1982; Moreno et al., 1988; Fereres, 1995; Pastor et al., 1995; Moreno et al., 1996; Fernández et al., 1997; Romero et al., 1997; d' Andria et al., 1998; Fernández et al., 1998^a; Villalobos et al., 1998; Celano et al., 1999; Fernández and Moreno, 1999; y Palomo et al., 2002).

En cuanto a la fertirrigación del olivo en condiciones de campo existen, sin embargo, pocas publicaciones. Martín-Aranda et al. (1986) obtuvieron buenos resultados en fertirrigación del olivo con un equivalente al 40 % del agua perdida por evaporación en un tanque clase A y una adición anual de 580 gr. de N, 35 gr. de P y 270 gr. de K por árbol y periodo de riego. Troncoso et al. (1987) mostraron que las condiciones anteriores originaron pérdidas de N por percolación. Con posterioridad Troncoso (1994) y Pastor y Vega (2001) establecieron criterios de manejo y control de

la fertirrigación en el olivo, y Troncoso et al. (1997) relacionaron la disponibilidad de N dado por fertirrigación sobre el crecimiento y la producción del olivo.

Una forma de incrementar las ventajas que ofrece la fertirrigación (economía, aprovechamiento y versatilidad) y disminuir las desventajas (obturaciones, salinización y pérdidas de nutrientes por lavado) es utilizar las cantidades mínimas de abonos y agua que mantengan la producción y el crecimiento adecuados de la planta (Hagin and Lowengart, 1996).

Por estos motivos, en 1998 se inició el proyecto CAO 98-004 'Influencia de la fertirrigación sobre el contenido de nutrientes en el suelo, desarrollo de la planta del olivo y el rendimiento y calidad de la cosecha.

El objetivo principal de este proyecto fue la definición de las necesidades mínimas del olivo en NPK (4-1-3) dados por fertirrigación, conservando una producción y un crecimiento vegetativo adecuados. Como objetivos parciales, se pretendía, por un lado, determinar la influencia de la fertirrigación sobre la fertilidad del terreno (contenido y disponibilidad de nutrientes) y los procesos de fijación y lavados de nutrientes (posibilidades de pérdidas y contaminaciones), y por otro, determinar la influencia sobre la composición mineral de la hoja (estado nutritivo de la planta), crecimiento del ramo de producción, floración, fructificación, y calidad del fruto desde el punto de vista de su aprovechamiento como aceituna de almazara. El presente trabajo se refiere a este segundo apartado.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en una parcela de 3,5 Ha de olivar de la variedad Manzanilla de Sevilla situada en el Hospital 'El Tomillar' en el término municipal de Alcalá de Guadaira (Sevilla). Dentro de dicha parcela se eligieron bloques de 4 árboles, 6 por cada tratamiento, es decir 24 árboles por 4 tratamientos, 96 árboles en total. Los olivos, plantados en marco de 7x7, tenían 9 años cuando se inició la prueba (1998).

En la parcela se instaló una estación meteorológica Campbell (Campbell Scientific Ltd., Leicestershire, UK), que registra cada hora los valores medios, máximos y mínimos de un amplio número de variables meteorológicas, entre ellas la temperatura, humedad relativa del aire, radiación solar y precipitación, a excepción de la lluvia, que se registra cada 10 minutos.

El sistema de fertirrigación, regulado por ordenador, estaba formado por una instalación de riego por goteo consistente en una tubería primaria que salía de la bomba del pozo, que después se dividía en 4 tuberías secundarias, una por cada tratamiento y una línea terciaria por cada fila de plantas, con 4 goteros por árbol de 8 l/h de capacidad, a un metro de separación. El abono líquido, mantenido en un depósito, se aplicó por medio de un inyector, ajustando el tiempo de inyección a las necesidades de cada tratamiento.

La dosis de riego fue igual para los cuatro tratamientos y se calculó a partir de la ecuación $NR = ET_c - P_e$, en la que NR son las necesidades de agua de riego, ET_c (mm) la evapotranspiración del cultivo y P_e (mm) es la precipitación efectiva. La ET_c se calculó

por el método recomendado por la FAO (Doorenbos y Pruitt, 1977) $ET_c = K_c K_r ET_o$, siendo K_c el coeficiente de cultivo, K_r el coeficiente de reducción y ET_o la evapotranspiración de referencia.

La ET_o se calculó a partir de los datos de la estación meteorológica, usando para ello la expresión de Penman modificada por la FAO. Para facilitar los cálculos, se usó el programa REF-ET elaborado por Universidad de Utah (Allen, 1990).

El coeficiente K_r se calculó a partir de la relación $K_r = 2 \times S_c / 100$, que encontraron para el almendro Fereres y col (1981), siendo S_c (%) la superficie sombreada cubierta por los árboles.

El abono se aplicó diariamente, diluido en el agua de riego mediante un equipo de inyección de abonos (fertirrigación). Se aplicó un abono líquido comercial que pertenece a los llamados abonos complejos de reacción ácida ($pH = 1$), adecuados para el riego por goteo, de fórmula 9.9-2.5-7.2 (4:1:3), con 1.2 g/cm³ de densidad, 9° C de temperatura de cristalización, 5.6 % de N-NH₂, 2.2 % de N-NH₄, 2.2 % de N-NO₃ y 5.4 % de Cl. Las dosis anuales de abono por tratamiento y árbol han sido: 3,367 litros para el de máxima dosis de abonado (Tratamiento T4); 1,684 litros, para el tratamiento del 50 % de la dosis máxima (Tratamiento T3); y 0,842 litros para el tratamiento del 25 % de dosis máxima (Tratamiento T2).

El diseño experimental del estudio estaba constituido, como se indicó antes por cuatro tratamientos con 6 bloques por tratamiento distribuidos al azar, cada uno con cuatro árboles. Los tratamientos aplicados han sido: a) sólo agua de riego; b) 100 g de N por árbol y periodo de riego de un abono triple de NPK de proporción 4:1:3; c) 200 g de N por árbol y periodo de riego del mismo abono anterior; d) 400 g de N por árbol y periodo de riego del mismo abono anterior.

Para cada tratamiento se realizó la caracterización anual del suelo y de las plantas. Para la caracterización de las plantas se procedió al estudio del estado de nutrición y al control de parámetros relacionados con el crecimiento, la producción y la calidad de la cosecha.

Se determinó el contenido de agua y el potencial mátrico del agua en suelo. Para la medida del contenido volumétrico de agua en suelo se utilizó el método de moderación de neutrones, mediante el empleo de una sonda de neutrones modelo Troxler 3333 con 12 tubos de acceso, 2 para cada tratamiento. Los tubos, introducidos hasta 1 m de profundidad, se colocaron entre dos bulbos de riego. Para la medida del potencial mátrico del agua en el suelo, se utilizaron tensiómetros de mercurio a dos profundidades, 70 y 90 cm., habiéndose instalado cinco baterías por tratamiento compuestas de dos tensiómetros cada una.

El estado de nutrición se determinó a partir de la toma de muestras de 200 hojas/árbol sanas y bien desarrolladas, distribuidas alrededor del árbol y a la altura del operador, en las que se analizaron los contenidos en macro y micronutrientes (N por el método Kjeldahl; y P, K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn, Zn y B, mediante calcinación, redisolución de las cenizas en HCl, y medida por ICP-OES (Wallinga et al., 1995).

Los parámetros de crecimiento estudiados fueron el diámetro de tronco, la altura y el volumen de la copa de todos los árboles, medidos con anterioridad al inicio del

periodo de fertirrigación, y la longitud y el número de nudos por ramo, previa elección y marcado de 10 ramos/árbol en 2 árboles de cada bloque.

Para el control de la producción se marcaron 10 ramos por árbol en 2 árboles por bloque con buena floración, sobre los que se tomaron los siguientes caracteres: nº inflorescencias en plena floración (PF); nº frutos/infrutescencias 40 días después de plena floración; y nº frutos en recolección. Asimismo, se midió la producción por árbol y la productividad (Kg./cm). Para conocer las posibles diferencias entre tratamientos relacionadas con la calidad del fruto, se procedió al estudio del peso del fruto y a la caracterización del aceite de oliva. Esta última se realizó sobre muestras de 1 Kg. de frutos por bloque, sobre las que se estimó el Índice de madurez; porcentaje de humedad; rendimiento graso, medido en analizador por R.M.N.; acidez, índice de peróxidos, K270, K232, K225, contenido en polifenoles, ácidos grasos y tocoferoles, siguiendo la metodología indicada en el Reglamento CEE/2568/91.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fertirrigaciones realizadas

Los valores del coeficiente de cultivo K_c utilizados han sido los determinados para la zona por Fernández y col (1998) y se indican en la tabla 1.

Tabla 1. Valores del coeficiente de cultivo (k_c).

Mes	K_c
Marzo	0,70
Abril	0,65
Mayo	0,60
Junio	0,55
Julio	0,50
Agosto	0,50
Septiembre	0,60
Octubre	0,65

Tabla 2. Dosis de agua aportada en cada período de riego.

Mes	Riego (L árbol ⁻¹)
Abril	969
Mayo	1.616
Junio	1.612
Julio	2.399
Agosto	2.018
Septiembre	2.265
Octubre	1.534
Total	12.438

Período	Riego (L árbol ⁻¹ día ⁻¹)	Riego (L árbol ⁻¹)
12/4-30/4	51	969
1/5-15/5	48	720
16/5-31/5	56	896
4/6-15/6	47	517
16/6-30/6	73	1.095
1/7-15/7	81	1.215
16/7-31/7	74	1.184
1/8-15/8	62	930
16/8-31/8	68	1.088
1/9-15/9	75	1.125
16/9-30/9	76	1.140
1/10-15/10	65	975
16/10-28/10	43	559

En función de los factores indicados en el capítulo de materiales y métodos, en la tabla 2 se indica el agua aportada (igual en todos los tratamientos) en cada período de riego. Naturalmente los meses de julio, agosto y septiembre, por mayor demanda tanto climática (calor y sequía) como por la presencia de fruto en la planta, son los que presentan mayores cantidades de agua de riego. Con arreglo a dicho aportes en la figura 1 se indican los perfiles hídricos del suelo, en los que se observa una gran homogeneidad tanto entre los tratamientos como entre diferentes períodos del año y profundidades.

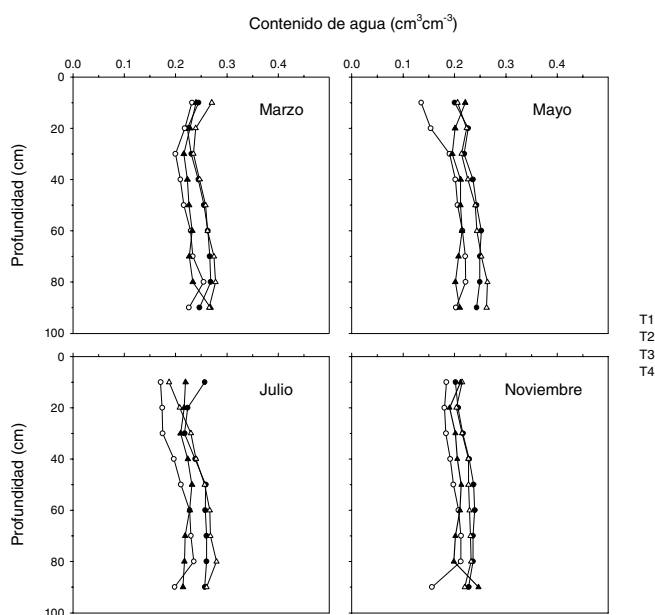


Figura 1. Contenido volumétrico de agua en suelo.

En la tabla 3, se presentan los resultados analíticos del agua utilizada en los riegos. Es un agua prácticamente neutra (ligeramente alcalina) con baja conductividad eléctrica, es decir, baja salinidad, y en consecuencia apta para el riego. En relación con los tratamientos de fertirrigación se debe destacar los contenidos de N-NO_3^- ya que representan un abonado adicional, como se observa en la tabla 4. En esta planta se determina que las plantas de tratamiento T1, recibieron en realidad 216 g de N, las T2 316 g, las T3 416 g y las T4 616 cifra muy próxima al valor determinado como adecuado por Martín-Aranda y Troncoso (1986).

Tabla 3. Análisis químico del agua de riego.

Parámetro	Valor
pH	7,25
CE (mS/cm.)	0,92
Calcio, Ca (meq/l)	6,70
Magnesio, Mg (meq/l)	0,35
Sodio, Na (meq/l)	2,06
Potasio, K (meq/l)	0,02
RAS (meq/l)	1,10
Cloruro (meq/l)	2,07
Sulfato (meq/l)	1,07
Bicarbonato (meq/l)	5,15
N-Nitrato (meq/l)	1,24

Tabla 3. Análisis químico del agua de riego.

Tratamiento	N-Fertilizante (g árbol ⁻¹)	N-Agua de riego (g árbol ⁻¹)	Suma N (g árbol ⁻¹)
T1	0	216	216
T2	100	216	316
T3	200	216	416
T4	400	216	616

SUELO

La parcela se asienta sobre un suelo pardo rojizo, medianamente profundo, formado sobre calizas detríticas del Mioceno bético. Se trata de un suelo rojo mediterráneo del Alcor.

Para la clasificación textural de la parcela, tabla 5, se hicieron sondeos hasta 1 m de profundidad en 12 puntos de la parcela.

La determinación de las distintas fracciones granulométricas se realizó con el hidrómetro (De Leenher y col., 1985).

Los resultados de los análisis reflejan un suelo de textura franco-arenosa de 0-25 cm., franco-arcillo-arenosa de 25 a 50 cm y franca por debajo de los 50 cm.

Tabla 5. Resultado del análisis mecánico del perfil del suelo.

Profundidad	(%) Arena gruesa	(%) Arena fina	(%) Limo	(%) Arcilla	Textura
	Media± desv std.	Media± desv std.	Media± desv std.	Media± desv std.	Media
0-25 cm	48,9± 9,0	8,8±1,6	21,7±3,0	18,4±4,3	F ar
25-50 cm	42,8± 7,3	9,2±2,5	25,6±4,	22,4±3,4	F A ar
50-75 cm	37,8± 11,6	9,2±4,0	33,1±4,8	19,9±6,0	F
75-100 cm	39,9± 13,6	7,8±4,1	33,7±7,3	18,7±6,0	F

F: Franco; A: Arcilloso; ar: arenoso; n=12

Los análisis de la fertilidad química, tabla 6, determinan un suelo alcalino en todas las profundidades, con unos contenidos altos de CO₃Ca de 0-30 cm y muy altos por debajo de los 30 cm. La materia orgánica suele presentar unos contenidos altos en el primer horizonte, que disminuyen con la profundidad.

Los niveles de fósforo disponible suelen ser bajos de 0-30 cm y muy bajos por debajo de los 30 cm. Se observa cierta tendencia a la mayor concentración en los primeros 30 cm para el tratamiento 4. El potasio disponible se encuentra en contenidos bajos, en concordancia con la mayor presencia de caliza activa. Aunque presenta unos niveles muy bajos o bajos en los primeros 30 cm y muy bajos a partir de dicha profundidad, muestra una tendencia clara a un descenso de su concentración conforme aumenta la profundidad del terreno, así como a una correlación positiva respecto a la dosis de abono empleada.

Tabla 6. Análisis de la fertilidad química del suelo (marzo 2001).

Tratamiento	PROF	pH	CaCO ₃ (%)	Corg (%)	M.O. (%)	N-Kjel (est)	P dispon (ppm)	K dispon (ppm)
1	0-30	8,34	33,70	1,48	2,56	0,14	5,80	80,67
	30-60	8,38	58,50	0,64	1,11	0,06	2,93	51,33
	60-90	8,50	76,80	0,30	0,52	0,04	1,47	28,00
2	0-30	8,50	31,13	1,09	1,88	0,10	5,67	91,33
	30-60	8,40	54,70	0,59	1,01	0,06	3,97	60,67
	60-90	8,47	79,50	0,32	0,54	0,04	3,00	28,67
3	0-30	8,47	36,57	1,15	1,99	0,11	8,20	129,33
	30-60	8,43	65,03	0,50	0,87	0,05	3,43	46,67
	60-90	8,53	82,20	0,36	0,62	0,04	2,67	27,67
4	0-30	8,23	31,80	1,77	3,06	0,16	12,23	197,67
	30-60	8,27	46,10	1,01	1,74	0,09	6,20	66,33
	60-90	8,20	71,57	0,51	0,88	0,17	6,13	31,00

INFLUENCIA DE LA FERTIRRIGACIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA. CARACTERIZACIÓN DE LOS ÁRBOLES

En la tabla 7, se presentan los valores característicos de algunos parámetros que sirven para definir la influencia de los tratamientos de fertirrigación sobre el desarrollo de los árboles.

Tabla 7. Desarrollo de las plantas de olivo en relación con el tratamiento de fertirrigación recibido.

Tratamiento	Volumen de copa (m ³)	Altura árbol (m)	Diámetro medio copa (m)	Perímetro de tronco (cm)
T-1	21,43 a	3,51 a	3,40 a	48,88 a
T-2	24,04 a	3,65 a	3,53 a	50,00 a
T-2	22,64 a	3,60 a	3,44 a	50,01 a
T-4	21,72 a	3,52 a	3,40 a	49,83 a

Valores en una columna seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$)

Como se observa, no existieron diferencias significativas con los distintos tratamientos diferenciales.

Junto con los parámetros anteriores se midió también el crecimiento de los ramos y el desarrollo de las inflorescencias. En estos casos, tampoco se encontraron diferencias significativas con los distintos tratamientos.

COMPOSICIÓN MINERAL DE LA HOJA EN RELACIÓN CON LOS TRATAMIENTOS

En la tabla 8, se indica la composición mineral de la hoja de las plantas sometidas a los distintos tratamientos. Los valores muestran unos niveles de nutrientes en hoja adecuados. No existieron diferencias entre tratamientos.

Tabla 8. Composición mineral de la hoja de las plantas de olivo de cada tratamiento.

Tratamiento	% MS						Ppm				
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	B
T-1	1,75	0,18	0,87	0,56	0,07	0,01	8	37	19	22	27
T-2	1,78	0,17	0,94	0,60	0,07	0,01	8	39	21	21	29
T-3	1,68	0,17	1,00	0,57	0,07	0,01	7	35	21	22	29
T-4	1,75	0,16	1,02	0,62	0,07	0,01	8	38	22	21	29

PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA COSECHA EN RELACIÓN CON LOS TRATAMIENTOS

En la tabla 9, se detalla la producción media de las plantas de cada tratamiento así como la calidad de la cosecha expresada como peso (tamaño) del fruto y la producción en función de la sección horizontal del tronco.

Tabla 9. Desarrollo de las plantas de olivo en relación con el tratamiento de fertirrigación recibido.

Tratamiento	Producción (Kg. árbol ⁻¹)	g fruto ⁻¹	g cm ⁻²
T-1	30,16 a	2,996 a	153,83 a
T-2	36,34 a	2,833 a	185,63 a
T-3	34,47 a	2,981 a	170,40 a
T-4	34,56 a	3,302 a	176,16 a

Valores en una columna seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$)

De acuerdo con los resultados, no se produjeron diferencias significativas entre los distintos parámetros de producción considerados con los distintos tratamientos.

CALIDAD DEL ACEITE

Los frutos procedentes de las plantas de cada tratamiento de fertirrigación se enviaron a la estación de Olivicultura de Jaén para analizar la calidad del aceite respectivo. En la tabla 10, se muestran los resultados de los análisis realizados en la campaña 2000/2001.

No se observan diferencias importantes en la composición del aceite correspondiente a cada tratamiento, en los aceites de las plantas sometidas a los tratamientos con mayores cantidades de nitrógeno.

Tabla 10. Análisis del aceite. Campaña 2000/2001.

Tratamiento	Acidez (%)	Índice de peróxidos (meqO/Kg.)	K270	K232	K225	Polifenoles Totales (mg/Kg A. Cafeico)
T1	0.25	4.87	0.20	1.75	0.51	780
T2	0.25	4.84	0.17	1.70	0.51	780
T3	0.18	5.80	0.16	1.63	0.48	666
T4	0.22	4.90	0.18	1.65	0.47	723

Composición ácida del aceite. C16 (Ac. Palmítico), C'16 (Ac. Palmitoleico), C17 (Ac. Margárico), C'17 (Ac. Margaroleico), C18 (Ac. Estéarico), C'18 (Ac. Oleico), C''18 (Ac. Linoleico), C'''18 (Ac. Linolénico), C20 (Ac. Aráquico), C'20 (Ac. Araquídico), C22 (Ac. Behénico), C24 (Ac. Lignocérico).

Tratamiento	C16 (%)	C'16 (%)	C17 (%)	C'17 (%)	C18 (%)	C'18 (%)	C''18 (%)	C'''18 (%)	C20 (%)	C'20 (%)	C22 (%)	C24 (%)
T1	14.0	1.25	0.18	0.25	2.52	75.2	4.64	0.72	0.5	0.3	0.12	0.09
T2	14.2	1.36	0.19	0.33	2.49	74.4	5.04	0.74	0.51	0.32	0.13	0.17
T3	14.4	1.37	0.2	0.32	2.46	74.1	5.24	0.77	0.52	0.31	0.14	0.1
T4	14.5	1.38	0.19	0.32	2.51	73.3	5.88	0.78	0.49	0.29	0.13	0.1

Los aceites de otras campañas mantuvieron estas tendencias y tampoco mostraron diferencias importantes con los tratamientos de fertirrigación

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G. (1990). Reference evapotranspiration calculator. Version 2.0 REF_ET operations manual. Utah State University, Logan, Utah (USA), 7 pp.

ATALLAH, T. (1995). Overfertilization: properties and environment. In: Advanced short course fertigation, 26 Nov- 3 Dec. Beirut. Lebanon.

CASTEL, J. R., LIDON, A. L., GINESTAR, C. AND RAMOS, C. (1994). Yield, growth and nitrate leaching in drip-irrigated citrus trees under different fertigation treatments. European Regional Conference on Irrigation and Drainage, Varna, Bulgaria, 16-22 May.

CELANO, G., DICHIO, B., MONTANARO G., NUZZO, V., PALESE, A.M. AND XILOYANNIS, C. (1999). Distribution of dry matter and amount of mineral elements in irrigated and non-irrigated olive trees. *Acta horticulturae* 474:381-384.

CHUNG, J. B.; ZASOSKI, R. J. AND BURAN, R. G. (1994). Aluminium-Potassium and Aluminium-Calcium Exchange Equilibria in Bulk and Rhizosphere Soil. *Soil Science Society of America Journal* 58, 1376-1382.

D'ANDRIA, R., MORELLI, G., GIORIO, P., PATUMI, M., VERGARI, G. AND FONTANAZZA, G. (1998). Yield and oil quality of young olive trees grown under different irrigation regimes. *Proc. of the Third International Symposium on Olive Growing*. Chania (Crete), 22-26 September, pp. 8.

DARWIN, T. (1995). Implementation and fertigation in crop production in Lebanon. In Advanced short course on fertigation. 26 Nov- 3 Dec. Beirut. Lebanon.

DENCKER, I. AND HANSEN, P. (1994). Effects of Water and Nutrient Supply on Extension Growth, Bud Development, and Flowering Habit of Young Elstar Apple-Trees. *Gartenbauwissenschaft*. Vol 59, Iss 4, pp 145-149.

DOORENBOS, J. Y PRUITT, W. O. (1977). Las necesidades de agua de los cultivos. Monografía *Estudio FAO*, Riego y Drenaje nº 24. Roma.

FERERES, E. AND CASTEL, J. R. (1981) Drip irrigation management. Division of Agricultural Sciences, University of California. Publicación Leaflet 21259.

FERERES, E. (1995). El riego del olivar. Proceedings of the VII Simposio Científico-Técnico Expoliva'95, p 18.

FERNÁNDEZ, J. E., MORENO, F., GIRÓN, I. F. AND BLÁZQUEZ, O. M. (1997). Stomatal control of water use in olive tree leaves. Plant and soil 190: 179-192.

FERNÁNDEZ, J. E., PALOMO, M. J., DÍAZ-ESPEJO, A, GIRÓN, I. F. AND MORENO, F., (1998a). Measuring sap flow in olive trees: potentialities and limitations of the compensation heat-pulse technique. Proc. of the 4th Workshop on Measuring Sap Flow in Intact Plants. Zidlochovice, Czech Republic, 3-4 November, pp-16.

FERNÁNDEZ, J. E. AND MORENO, F. (1999). Water Use by the Olive tree. Journal of Crop Production 2, 105-167.

GRANELLI, G., LOVATI, F. AND TESTONI, A. (1994). Fertigation in kiwifruit growing~ L'Informatore Agrario 50 (34) 65-68.

GUTIÉRREZ, F., PERDIGUERO, S. GUTIÉRREZ, R. AND OLÍAS, J. M. (1992). Evaluation of the bitter taste in virgine olive. J.A.O.C.S. 69 (4), 394-395.

HAGIN, J. AND LOWENGART, A. (1996). Fertigation for minimizing environmental pollution by fertilizers. Fertil-res, 43: 5-7.

HAMDY, A. (1995). Fertigation: technical-and management aspects for practical application review paper. In: Advanced short course on fertigation, 26 Nov -3 Dec. Beirut. Lebanon.

HIPPS, N. A. (1992). Fertigation of Newly Planted Queen Cox/M9 Apple-Trees - Establishment, Early Growth and Precocity of Cropping. Journal of Horticultural Science, Vol 67, Iss 1., pp 25-32.

KAFKAFI, U. (1994). Combined Irrigation and Fertilization in Arid zones. Israel Journal of Plant Sciences 42., 301-320.

MARSH, K. B. AND STOWELL, B. M. (1993). Effect of fertigation and hydrogen cyanamide on fruit production, nutrient uptake, and fruit quality in kiwifruit. New Zealand journal of Crop and Horticultural Science. 21 (3) 247-252.

MARTÍN-ARANDA, J. AND TRONCOSO, A. (1986) Fertigation experiments in table-olive orchards of various plant spacings. XXII International Horticultural Congress. University of California, Davis. USA.

MARTÍN-ARANDA, J., NÚÑEZ, D., MORENO, F., ARRÚE, J. L. AND ROCA, M. (1982). Localized fertigation of non-tillage intensive young olive fieds. Proceedings of the 9th Conference of the International Soil Tillage Research Organization, pp. 357-362. Osijek, Yugoslavia.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN, 1986. Métodos Oficiales de Análisis. Vol. III. Madrid.

MORENO, F. VACHAUD, G. MARTÍN-ARANDA, J., VAUCLIN, M. Y FERNÁNDEZ, J. E. (1988). Balance hídrico de un olivar con riego gota a gota. Resultados de cuatro años de experiencias. *Agronomie*, 8 (6): 521-537.

MORENO, F., FERNÁNDEZ, J. E., CLOTHIER, B. E. AND GREEN, S. R. (1996). Transpiration and root water uptake by olive trees. *Plant and Soil*. 184: 85-96.

NEILSEN, G. H., NEILSEN, D. AND PEREYEA, F. (1999). Response of soil and irrigated fruit trees to fertigation of nitrogen, phosphorus, and potassium. *HortTechnology*, 1999: 393-401.

NEILSEN, G. H.; PARCHOMCHUK, P. WOLK, W. D. AND LAU, O. L. (1993). Growth and Mineral-Composition of Newly Planted Apple-Trees Following Fertigation with N and P. *Journal of the American Society for Horticultural Science*". Vol 118, Iss 1, pp 50-53.

NEUMANN, P. M. AND SNIR, N. (1995). Fertigation: is there a physiological advantage? *International Water & irrigation review*.

NÚÑEZ-ESCOBAR, R. (1995). Development and present status of fertigation in Mexico. In: *Dablia Greidiner International Symposium on Fertigation: Technion - Israel* 26 March-1 April.

PALOMO, M. J., MORENO, F., FERNÁNDEZ, J. E., DÍAZ-ESPEJO, A. AND GIRÓN, I. F. (2002). Determining water consumption in olive orchards using the water balance approach. *Agricultural Water Management* 55, 15-35.

PARCHOMCHUK, P. NEILSEN, G. H. AND HOQUE, E. J. (1993). Effects of Drip Fertigation of $\text{NH}_4\text{-N}$ and P on soil pH and cation leaching. *Canadian Journal of Soil Science* 73: 157-164

PASTOR, M. Y VEGA, V. (2001). Fertilización del olivar regado por goteo. *Mercaderes*, 27: 254-260

PASTOR, M., CASTRO, J., VEGA, V. AND SALAS, J. (1995). Influencia del riego sobre la composición y calidad del aceite de oliva. *Proceeding of the VII Symposium Científico-Técnico Expoliva'95*. Jaén 5-6 May.

PEREYEA, F. J. AND BURROWS, R. L. (1999). Soil acidification caused by four commercial nitrogen fertilizer solutions and subsequent soil pH rebound. *Commun-soil-sci-plant-anal*, 30: 525-533.

PIZARRO, F. (1996). *Riegos Localizados de Alta Frecuencia*. Ediciones Mundi-Prensa.

SNEH, M. (1995). The history of fertigation in Israel. *International Water & Irrigation Review* 15(3) 17-20.

TRONCOSO, A. (1994). Fertilización del olivo. *Olivicultura* 65-69.

TRONCOSO, A., BARROSO, M., MARTÍN-ARANDA, J., MURILLO, J. M. AND MORENO, F. (1987). Effect of the fertilization level on the availability and loss of nutrients in an olive-orchard soil. *Journal of Plant Nutrition*. 1987. 10: 9-16, 1555-1561.

TRONCOSO, A., LIÑÁN, J., CANTOS, M., ZÁRATE, R. Y LAVEE, S. (1997). Influencia de la fertilización con urea sobre la disponibilidad de N-NO_3 y el desarrollo del olivo. *Fruticultura. Especial Olivicultura II*. Nº 88. 83-87.

VILLALOBOS, F. J., ORGAZ, F., TESTI, L. AND FERERES, E. (1998). Measurement and modelling of evaporation of olive (*Olea europaea* L.) orchards. *Proceedings of the Fifth ESA Congress, Nitra (The Slovak Republic)*, 28 June-2 July, pp. 2.

WALLINGA, I., VAN DER LEE, J. J., HOUBA, U. J. G., VAN VARK, W.,
NOVOZAMSKY, I. (1995). Plant Analysis Manual. Ed. Kluwer Ac., Dordrecht.
Holanda.